

## PABELLÓN PUENTE. EXPO 2008. CONSTRUCCIÓN Y LANZAMIENTO

<b>Hugo CORRES PEIRETTI</b> Dr. Ingeniero de Caminos FHECOR Presidente hcp@fhcor.es	<b>José ROMO MARTÍN</b> Ingeniero de Caminos FHECOR Vicepresidente jrm@fhcor.es	<b>Ángel ORTEGA ARIAS</b> Ingeniero de Caminos DRAGADOS Servicio Técnico aortegaa@dragados.com	<b>Vicente PÉREZ PÉREZ</b> Ingeniero de Caminos DRAGADOS Jefe de Obra vperezp@dragados.com
<b>Javier ANDUEZA OLMEDO</b> Ingeniero de Caminos FHECOR Jefe de equipo Obra Civil jao@fhcor.es	<b>Javier ANTÓN DÍAZ</b> Ingeniero de Caminos FHECOR Ing. proyecto Obra Civil jad@fhcor.es	<b>Alejandro MENDOZA MONFORT</b> Ingeniero de Caminos DRAGADOS Jefe de Oficina Técnica amendozamo@dragados.com	<b>Susana LÓPEZ MANZANO</b> Ingeniero de Caminos DRAGADOS Servicio Técnico slopezm@dragados.com

### Resumen

La construcción de una obra de estas características en tan sólo 17 meses siempre es un reto. A la complejidad inherente del montaje de 62500 piezas metálicas se une la necesidad de realizar una complicada maniobra de lanzamiento de una estructura de 140 m de longitud y 2100 toneladas de peso por encima de un río de 120 m de ancho sin situar ningún apoyo intermedio en el cauce. Esto sólo ha sido posible gracias a un trabajo minucioso de todo el equipo humano que ha intervenido en la concepción, diseño, fabricación, montaje y lanzamiento de la estructura.

Lo más singular de esta obra es, sin duda, la maniobra de lanzamiento. Éste fue un proceso sin precedentes, ya que el tramo de puente lanzado era curvo en planta, de canto y anchura variables y totalmente asimétrico. El diseño de la maniobra supuso meses de trabajo de un equipo formado por gente de FHECOR, DRAGADOS, URSSA y ALE LASTRA. La maniobra se prolongó durante tres meses y durante todo el proceso se realizó una auscultación en tiempo real de la geometría y de los esfuerzos en determinados elementos.

**Palabras Clave:** Estructura metálica, Celosía, Estructura tubular, Lanzamiento, Empuje, Tiro, Retenida, Gateo, Expo.



*Fig. 1 Vista de una fase de lanzamiento*

## 1. Esquema general del proceso constructivo

Las bases del concurso organizado por ExpoAgua para la realización del Pabellón-Puente, imponían la necesidad de afrontar la construcción de la estructura en dos frentes; uno de ellos sobre una península provisional en la margen izquierda del río Ebro y otro en la orilla opuesta, lo que obligaba a la realización de una posterior maniobra de lanzamiento.

Por todo ello, se planteó la construcción de la estructura dividida en dos partes. La norte, de geometría muy compleja se construyó cimbrada sobre la península provisional ganada al río. Y la sur, de geometría más sencilla que la anterior se construyó fuera de su emplazamiento definitivo para, posteriormente, empujarla sobre el cauce del río Ebro hasta colocarla en su posición definitiva.



*Fig.2 Febrero de 2007. Vista de la península provisional construida en la orilla norte (margen izquierda) y área de montaje del vano principal en la margen derecha.*



*Fig.3 Agosto 2007. Montaje de la estructura metálica en ambas márgenes.*

## 2. Montaje de la estructura metálica

El montaje de la estructura metálica siguió el mismo proceso en ambas márgenes.

El primer paso fue la colocación de hileras de apoyos provisionales separadas 3.60 m, coincidiendo con todos los elementos transversales de la estructura. Sobre éstos se disponían las chapas que forman el cajón: las chapas de fondo con los rigidizadores, las células laterales longitudinales y los diafragmas interiores dispuestos cada 3.60 m.



*Fig.4 Diafragma interior del cajón.*

Finalizado el proceso de soldadura de los diafragmas al resto de chapas del cajón, se disponían sobre éstos las torres provisionales que se instalaron para el posicionamiento de los tramos de cordón superior que venían montados del taller en tramos de 10-12 m.

El siguiente paso era el montaje de las costillas y de los paneles de fachada. Todas las costillas llegaban a obra desde el taller por parejas y con el panel de fachada situado entre ellas completamente soldado a éstas. De esta forma, había en obra dos tipos de paneles de fachada: los que tenían ya soldadas las costillas a cada lado y los que no tenían costillas y debían soldarse a ellas en obra.

Los primeros paneles en colocarse eran los que se situaban en los extremos de cada tramo de cordón superior ya posicionado, de forma que dotaran a éste de rigidez suficiente antes de soldarse, ya que al tener espesores de chapa importantes, la cantidad de calor aportado durante el procedimiento de soldadura podrían inducir deformaciones importantes si no se encontraban suficientemente arriostrados.

Una vez soldados los tramos de cordón superior se colocaban los restantes paneles de fachada y a continuación las patas y los nudos de unión de éstas con el cordón superior.

De todas estas labores, la que más trabajo suponía era el montaje y soldadura de los paneles de fachada. Para facilitar la labor, las uniones de los paneles en los cuatro bordes se diseñaron de forma que contemplaran la existencia de holguras suficientes para el montaje. Estas holguras se consiguieron a través de chapas que penetraban en ranuras practicadas en los perfiles de los paneles y que tenían el juego suficiente para permitir el ajuste antes de soldar.

Concluida la ejecución de la estructura metálica principal, se procedió al montaje de la estructura del forjado superior y las rampas interiores y al hormigonado de la losa superior de hormigón ligero que cierra el cajón por su parte superior.





*Fig.XX Secuencia constructiva del vano norte desde febrero de 2007 hasta diciembre de 2007.*



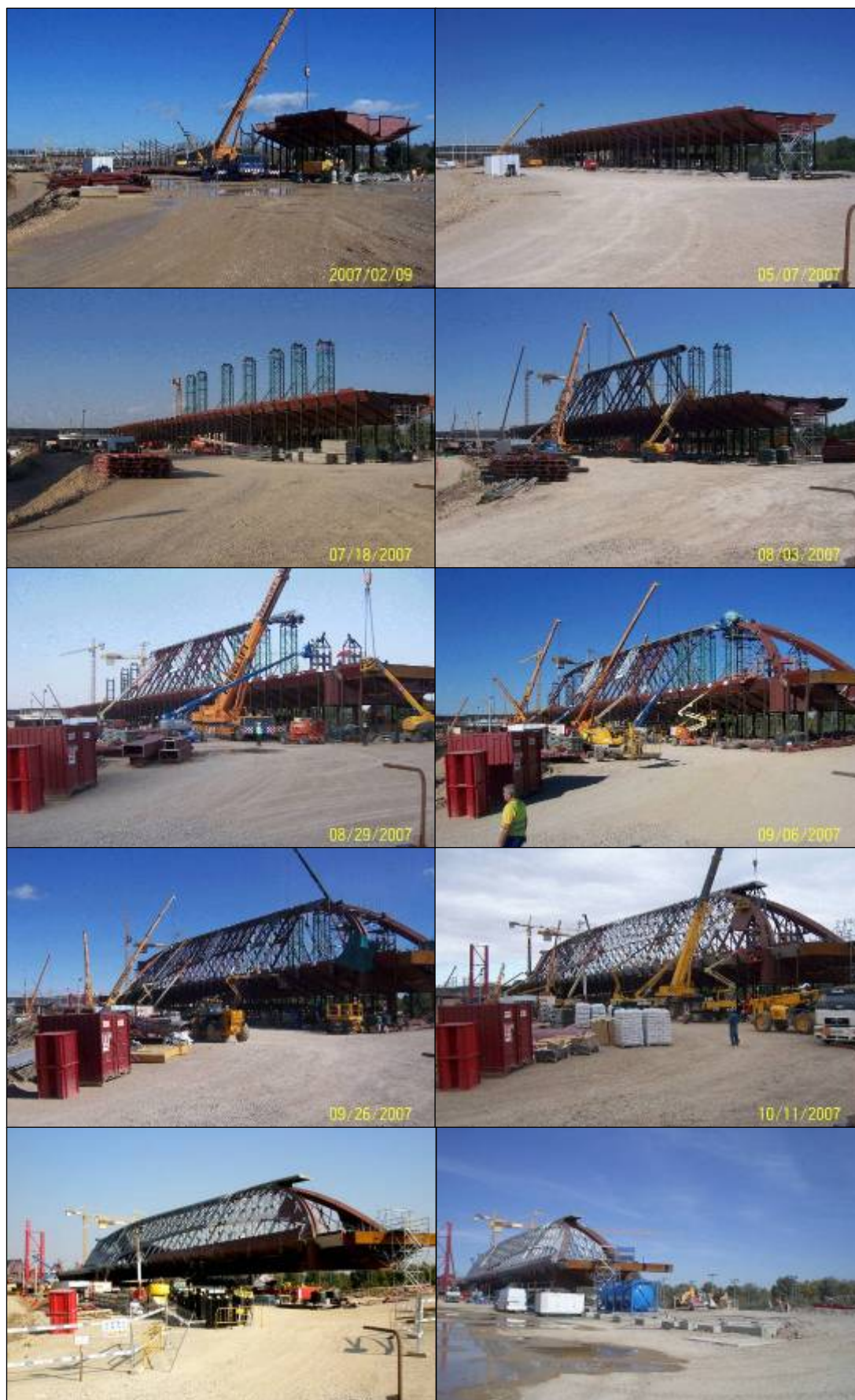


Fig.XX Secuencia de construcción del vano sur. 1 Apeos provisionales. 2 Montaje del cajón y diafragmas interiores. 3 Colocación de torres de apeo para el montaje del cordón superior. 4 Colocación de costillas y paneles de fachada.

### 3. Maniobra de lanzamiento de la parte sur

El vano principal fue construido completamente en la margen derecha y posteriormente fue lanzado por encima del río en una maniobra que duró tres meses. Esta fue seguramente la parte más delicada, compleja y espectacular de la construcción de este puente. Se trataba de mover 123 m una estructura de 2100 toneladas de peso sobre el río Ebro. Fue un proceso complejo y sin precedentes, ya que el tramo de puente lanzado era curvo en planta, de canto y anchura variables y totalmente asimétrico. Estos hechos fueron determinantes en el diseño de toda la maniobra e influyeron en gran medida en el diseño y dimensiones de los elementos auxiliares utilizados.

El proceso se estructuró en tres fases diferenciadas por el origen del movimiento y durante todas ellas estuvo funcionando un sistema automático de control geométrico y de medida de esfuerzos en los elementos de soporte de la estructura.

#### 3.1.1 Primera fase

En esta fase, la estructura se apoyaba en unos elementos deslizantes autopropulsados que se mueven por dos carriles, llamados patines. Eran ocho en total; cuatro delanteros y cuatro traseros. El conjunto de patines delanteros recibían 1500 toneladas de peso, mientras que los traseros únicamente soportaban 600 toneladas. Aparentemente esta configuración de patines no es la óptima, sin embargo, la premisa fundamental en esta fase era situar el patín delantero lo más retrasado posible, para que en este movimiento se pudiera acercar el puente al río la mayor cantidad posible.

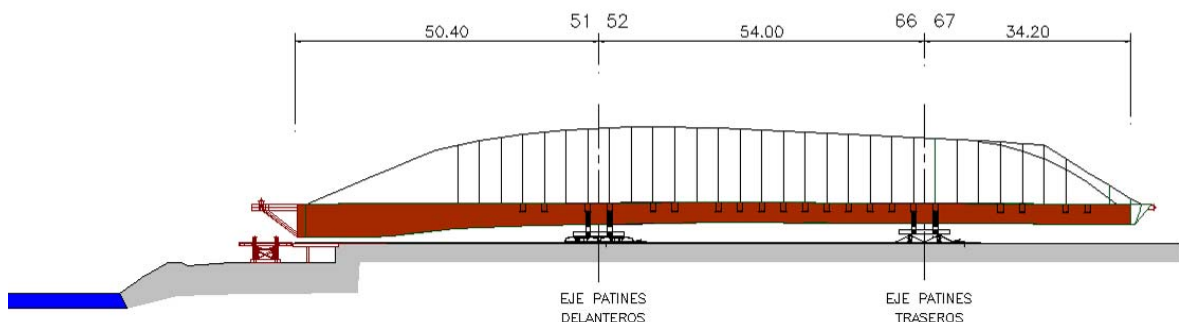
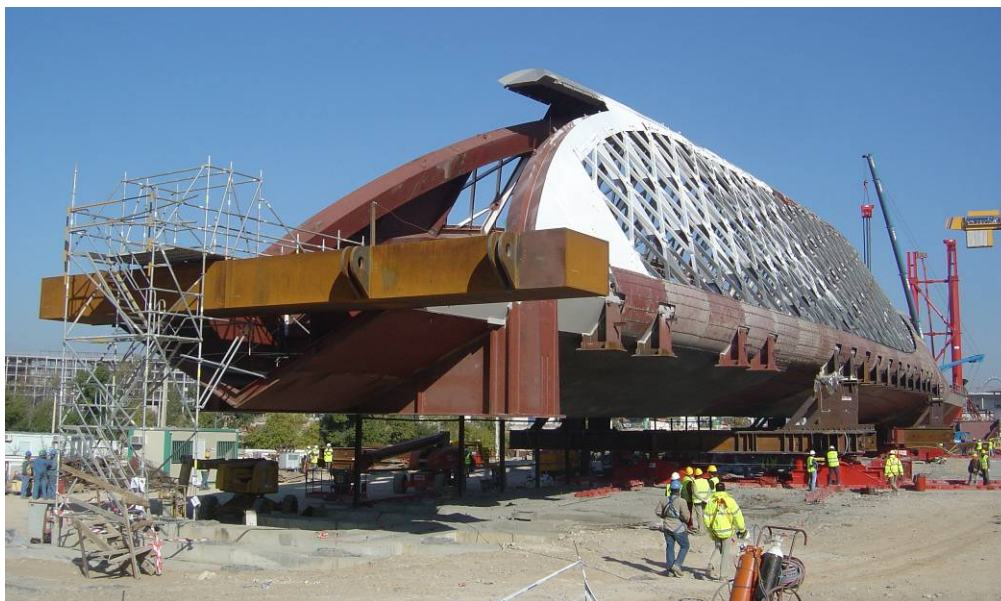


Fig.XX Configuración de apoyos durante la primera fase.



El movimiento se hizo en tres etapas: 27.0 metros en sentido longitudinal, 9.0 metros en sentido transversal y 17.5 metros en sentido longitudinal.

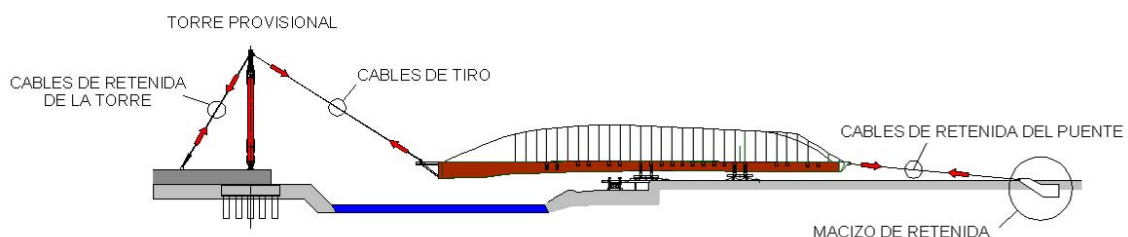


*Fig.XX Los tres movimientos que constituyeron la primera fase del lanzamiento.*

Esta fase incluyó los tres movimientos representados en la figura anterior. No fue posible construir la estructura desde un principio en la alineación correcta por falta de espacio, ya que no se podían invadir los terrenos situados al este de la estructura. Por ello se decidió montar el puente desplazado 9.0 metros con respecto a su posición definitiva y después del primer movimiento de 27.0 metros, se procedió a girar 90° los patines para realizar el desplazamiento transversal.

### 3.1.2 Segunda fase

La estructura apoya en los mismos elementos deslizantes que en la fase anterior, pero con una diferencia muy importante: el movimiento se produce a través del tiro mediante cables que se ejerce sobre la estructura desde unas torres provisionales de 40 metros de altura ejecutadas en la parte fija. El movimiento total de esta fase fue de 79.00 metros en sentido longitudinal.



La utilización de cables y torres provisionales evitaba la ejecución de apoyos provisionales en el cauce y, por tanto, no suponía ninguna afección adicional al régimen del río Ebro.

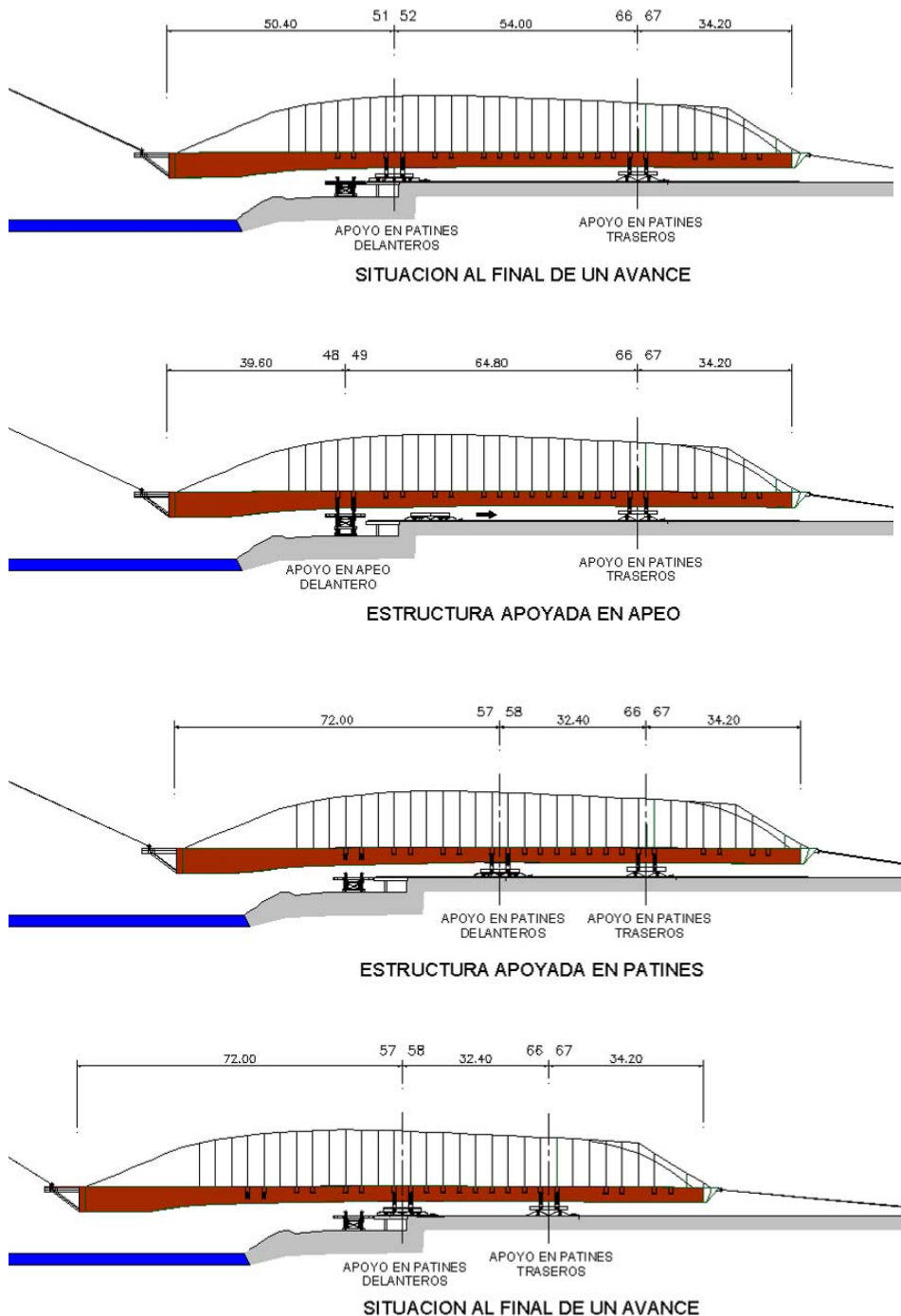
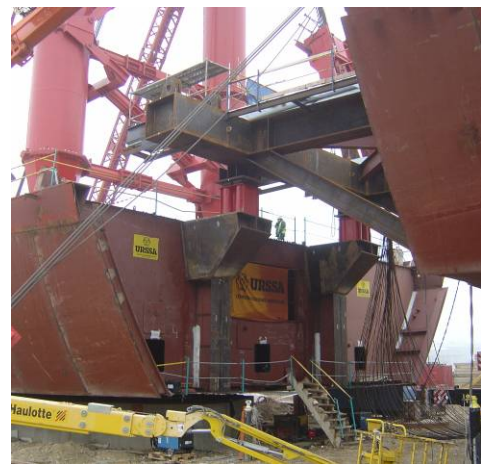


Fig.XX Esquema del movimiento tipo de una de las quince etapas de que se componía la segunda fase del movimiento

Con esta estructuración del movimiento, los 79.00 m restantes del movimiento se completaron en 15 fases, que supusieron 18 configuraciones de apoyos distintas que fueron estudiadas y para las que se hizo una previsión de deformaciones y esfuerzos que fueron contrastados con mediciones que se tomaron durante el lanzamiento.





*Fig.XX Secuencia de la segunda fase del lanzamiento.*



*Fig.XX Vista de una de las etapas de la segunda fase del lanzamiento desde la margen izquierda.*

### *3.1.3 Tercera fase*

Los elementos auxiliares necesarios para las dos fases anteriores exigían que el puente se construyera 2.70 m elevado respecto a su posición final. Por tanto, una vez concluido el movimiento horizontal, era necesario descender el puente hasta su cota definitiva. El movimiento total fue de 2.70 m en vertical.

El descenso debía hacerse sincronizadamente en los dos extremos del puente. En la parte delantera era simple descender el puente, puesto que al estar colgado mediante cables, únicamente era necesario soltar el cable controladamente. La dificultad se concentraba en la parte sur, donde fue preciso montar un sistema de gateo que consistía en sustentar el puente mediante 4 gatos, que descendían 500 mm hasta apoyar el puente en torres metálicas, liberando los gatos de carga para hacerlos descender otros 500.

Esta última maniobra fue extremadamente complicada, porque además de controlar los esfuerzos a los que se sometía a la estructura, era necesario realizar los ajustes finales para que el posicionamiento del puente fuera el deseado.



*Fig.XX Estructura utilizado para el gateo (descenso) de la parte trasera de la estructura.*



#### 4. Equipo interviniente

Además de las personas firmantes, han tenido una participación especial en el desarrollo del proyecto y obra:

*Por parte de FHECOR Ingenieros Consultores:* Alberto Reig Pérez, Alicia Sigüenza Ibáñez, Alejandro Pérez Caldentey, Javier Milián Mateos, Julio Sánchez Delgado, Tobías Philipp Petschke, Patricio Padilla Lavaselli, Lourdes Anciano Martín, Pablo Álvarez Lietor y Juan José Jorquera Lucerga, entre otros.

*Por parte de DRAGADOS:* Luis Peset González, Alberto Ortega Giménez, Alfredo Muñoz González, Germán Moro Martín y Félix Pueyo, entre otros.

*Por parte de URSSA:* Pedro Arredondo, José Ramón Angulo, José Ramón González, Donato Díez y Jon Peña, entre otros.